

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-213654

(43)Date of publication of application : 20.08.1996

(51)Int.Cl.

H01L 33/00  
H01L 21/205  
H01S 3/18

(21)Application number : 07-281960

(71)Applicant : MITSUBISHI CHEM CORP

(22)Date of filing : 30.10.1995

(72)Inventor : SHIMOYAMA KENJI  
GOTO HIDEKI

(30)Priority

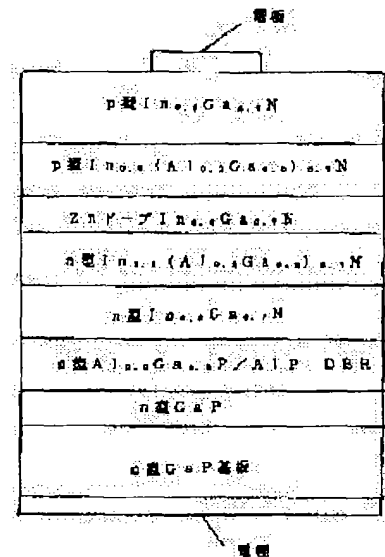
Priority number : 06265503 Priority date : 28.10.1994 Priority country : JP

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE HAVING DISTRIBUTED BRAGG REFLECTION MIRROR MULTILAYERED FILM

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily form a blue-green light emitting diode of high luminance which is excellent in monochromaticity and directivity, by inserting a distributed Bragg reflection mirror multilayered film formed by alternately laminating AlGaP layers and AlGaP layers on at least one side out of the upper side and the lower side of a light emitting layer.

CONSTITUTION:  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$  ( $0 \leq x < 1$ ) layers and  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$  ( $0 < y < 1$ ,  $x < y$ ) layers are alternately laminated on one side out of the upper side or the lower side of a light emitting layer. An N-type GaP buffer layer, a DBR formed by alternately laminating 10 periods of N-type  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{P}$  and N-type AlP, and an N-type GaP protective film are grown in order on a GaP substrate. The substrate surface is nitrided, and an N-type  $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$  buffer layer is grown on the surface. On an epitaxial growth substrate, the following are grown in order; an N-type  $\text{In}_{0.3}(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.7}\text{N}$  clad layer, Zn-doped  $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$  active layer, a P-type  $\text{In}_{0.3}(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.7}\text{N}$  clad layer and a P-type  $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$  contact layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3344189

[Date of registration] 30.08.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-213654

(43) 公開日 平成8年(1996)8月20日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 33/00

C

21/205

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平7-281960

(22) 出願日 平成7年(1995)10月30日

(31) 優先権主張番号 特願平6-265503

(32) 優先日 平6(1994)10月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72) 発明者 下山 謙司

茨城県牛久市東端六町1000番地 三菱化学  
株式会社筑波事業所内

(72) 発明者 後藤 秀樹

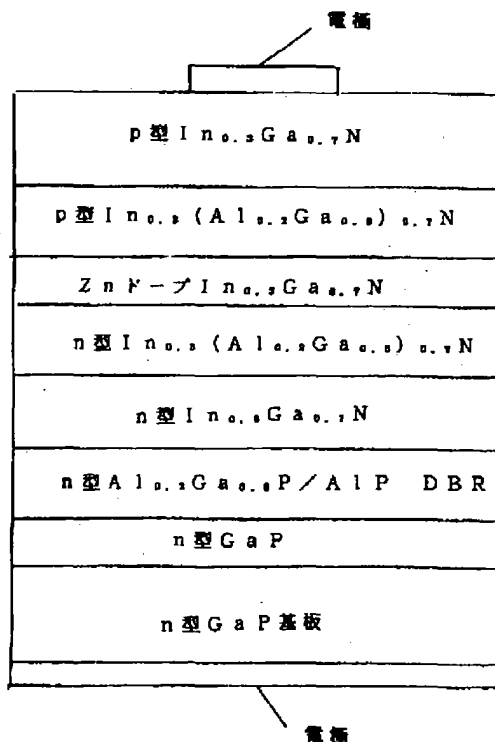
茨城県牛久市東端六町1000番地 三菱化学  
株式会社筑波事業所内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 曉司

(54) 【発明の名称】 分布ブラッグ反射ミラー多層膜を有する半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 高輝度かつ単色性及び指向性のよい青又は緑色の半導体発光装置を提供する。

【解決手段】 基板上に形成されたAlGaInN系からなる発光層の上下どちらかの少なくとも片側にAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P (0 ≤ x < 1) 層とAl<sub>1</sub>Ga<sub>1-y</sub>P (0 < y ≤ 1、x < y) 層を交互に積層した分布帰還型反射ミラー多層膜を設けたことを特徴とする半導体装置。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に形成された $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{N}$ 系からなる発光層の上下どちらかの少なくとも片側に $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$  ( $0 \leq x < 1$ ) 層と $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$  ( $0 < y \leq 1$ ,  $x < y$ ) 層を交互に積層した分布ブラッグ反射ミラー多層膜を設けたことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】該発光層よりもバンドギャップの小さい基板との間に前記分布ブラッグ反射ミラー多層膜を設けた請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】該発光層に対し基板と反対側であって、発光層と電極との間に前記分布ブラッグ反射ミラー多層膜を設けた請求項1又至2記載の半導体装置。

【請求項4】該基板がGaPである請求項1又至3のいずれか記載の半導体装置。

【請求項5】該GaP基板の面方位が $\{111\}$ Bである請求項1又至4のいずれか記載の半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体装置に関し、より詳しくは、窒化ガリウム系材料を使用した青色～緑色発光ダイオード、青色～緑色レーザーダイオードに関する。

## 【0002】

【従来の技術】最近の青色及び緑色の発光ダイオード(LED)の高輝度化の進展には目ざましいものがあり、材料として、 $\text{ZnSSe}$ 系や $\text{AlGaInN}$ 系が用いられている。これらの背景には、 $\text{ZnSSe}$ 系におけるラジカル窒素ドーピング、 $\text{AlGaInN}$ 系における成長後の熱処理などのp型ドーピング技術の改善がある。特に、 $\text{AlGaInN}$ 系発光ダイオードは、青色光源としては実用レベルのものが作製されており、図2に示すようなダブルヘテロ構造が用いられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】現在、青色用窒化ガリウム系化合物半導体用基板として、サファイア、SiCなどが用いられている。しかしながらサファイアには、導電性基板が作製できない、劈開ができないなどの問題点を有している。一方、SiCは導電性基板が得られるものの、高価であるという問題がある。また、これらの基板は非常に固いために、チップ化等の素子分離プロセスに大きな困難を伴っている。

【0004】 $\text{AlGaAs}$ 系や $\text{AlGaInP}$ 系LEDでは、光取り出し効率を向上させるために、発光波長に対してブラックの回折条件を満たすように屈折率の異なる層を交互に積層した分布ブラッグ反射ミラー(DBR)が良く用いられる。このDBR膜を用いると、基板での光の吸収を抑えて輝度を大きく向上させ、表面側に光を反射させるために側面光が抑えられ指向性が向上するといった利点がある。 $\text{AlGaAs}$ 系や $\text{AlGaInP}$ 系の場合、AlとGaを混晶比を変化させても格子

定数がほとんど変わらないために、容易に屈折率の異なる層を積層することができる。特に、有機金属気相成長(MOCVD)や分子線エピタキシー(MBE)などの成長法は、厚膜成長が困難であるが、精密な層厚や組成制御に優れるためDBR膜の利用が有効である。

【0005】しかしながら、 $\text{AlGaInN}$ 系では、AlNとGaNの格子定数が比較的大きく異なる(格子不整2.2%)のために、AlとGaの混晶比を大きく変えようと、臨界膜厚以下で作製することは事実上不可能であり、そこで格子整合させるためにInも変化させねばならず、DBRを制御良く作製する上で大きな困難を伴ってしまうという問題が生じていた。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】そこで本発明者らは、MOCVDやMBE法で $\text{AlGaInN}$ 系LEDを作製するにあたり、基板上に形成された $\text{InAlGaIn}$ 系からなる発光層の上下どちらかの少なくとも片側に $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$  ( $0 \leq x < 1$ ) 層と $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$  ( $0 < y \leq 1$ ,  $x < y$ ) 層を交互に積層したDBR膜を設けることにより、上記の課題を解決するに至った。

【0007】 $\text{AlGaP}$ 系は緑色波長に対応するバンドギャップを有しているが、間接遷移型であるために、高輝度LED用材料には適さない。しかしながら、緑色に対して透明であること、さらにAlPとGaPの格子定数がほとんど同じ(格子不整0.24%)であるために、臨界膜厚以下で反射率の大きい緑色～青色用のDBR膜を容易に作製することができる。また、高品質なGaP基板が安価で入手できることも、LEDを生産する上でも本発明は非常に有望である。

【0008】本発明において、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$  ( $0 \leq x < 1$ ) 層と $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$  ( $0 < y \leq 1$ ,  $x < y$ ) 層を交互に積層したDBR膜は、常法により製造することができる。そしてこのDBR膜は、活性層からみて光取り出し方向側に設ける場合には、電極により吸収されてしまう光を反射する目的で設けられ、この場合DBR膜の大きさは、電極と同じかやや小さくするとよい。逆に活性層からみて光取り出し方向の反対側に設ける場合には基板による光の吸収を抑制する目的で設けられ、特に該発光層よりもバンドギャップの小さい基板を使用している場合には、基板と発光層との間に前記DBR膜を設けることが効果的である。いずれの場合も、光吸収の大きな層がDBR膜と活性層の間に存在しない様な層構成をとることが好ましい。

【0009】また、本発明に使用される基板としては、GaP基板が好ましく、特に好ましくはその表面の面方位が $\{111\}$ Bであることである。以下、本発明を実施例を用いてより詳細に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り、実施例に限定されるものではない。

(実施例) 本発明の成長に使用した装置の構成は図3に示すように中央に基板搬送室を設け、基板交換室1室と

減圧MOCVD装置3台を設置してある。成長室1は通常のMOCVD装置であり、AlGaInN系化合物半導体の成長に用いる。成長室2も通常のMOCVD装置であるがAlGaInN系以外のIII-V族化合物半導体の成長に用いる。成長室3は、原料をマイクロ波励起によりラジカル分解することができ、基板表面の窒化及びAlGaInN系化合物の成長に用いる。図1に示すような構造のエピタキシャルウエハを成長手順を示す。

【0010】まずn型GaP(111)B基板を成長室2に導入し、加熱昇温する。750°Cにおいて、前記GaP基板上にn型GaPバッファ層0.5μm、n型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>P38.6nmとn型AlP42.9nmを交互に10周期積層したDBR、n型GaP保護膜5nmを順次成長させる。このとき、キャリアガスに水素を用いて、III族原料ガスに、トリメチルガリウム(TMG)、トリメチルアルミニウム(TMA)をV族原料には、ホスフィン(PH<sub>3</sub>)を使用した。この後、基板を冷却し、搬送室を経て成長室3へ基板を移動させる。基板を600°Cに加熱し、成長前に窒素ガス(N<sub>2</sub>)を原料として、マイクロ波励起によりラジカル窒素を基板表面に供給し、表面のP原子をN原子と置換させる工程、すなわち窒化を行う。この表面上に、n型In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nバッファ層10nmを成長させる。この後、基板を冷却し、搬送室を経て成長室1へ基板を移動させる。成長温度700°Cで、前記エピタキシャル膜成長基板上に、n型In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nバッファ層1μm、n型In<sub>0.3</sub>(Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>)<sub>0.7</sub>Nクラッド層1μm、ZnドープIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>N活性層0.1μm、p型In<sub>0.3</sub>(Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>)<sub>0.7</sub>Nクラッド層1μm、p型In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nコンタクト層1μmを順次成長させる。このとき、キャリアガスに水素を用いて、III族原料ガスに、TMG、TMA、トリメチルインジウム(TMI)を用いた。V族原料には、一般的にはアンモニア(NH<sub>3</sub>)が用いられるが、成長温度の低減のために、低温での分解効率のよいジメチルヒドラジンやアジ化エチルなどの有機金属を用いてもよい。n型ドーパントには、SiまたはGeを、p型ドーパントには、MgまたはZnを用いた。必要に応じて、成長後に引き続いて成長室内で熱処理を行い、キャリアを活性化させる。基板として{111}Bを採用したのは、GaP表面の窒化を行いやすくするためである。ここで{11 \*

\*1} B面とは、III-V族化合物半導体であればV族の面が表面にならぶ{111}面である。

【0011】このようにして成長したエピタキシャルウエハを基板側に全面電極、表面側に直径約100μmの円形状電極を形成し、チップに加工した(図1)。このチップを発光ダイオードとして組み立てて発光させたところ、順方向電流20mAにおいて、発光波長520nm、発光出力500μWと非常に良好な値が得られた。比較のために作製したAlGaP系DBRを使用しなかった発光ダイオードも作製し、その輝度を比較すると2.1倍の輝度となった。また、GaNで問題となっている長波長側への裾引きによる単色性の劣化も低減することができた。

【0012】さらに、表面側の円形電極直下にも、DBR膜を形成したところ、電極での吸収が減少し、輝度をさらに約50%向上させることができ、上述の比較のための発光ダイオードに比べ、約3倍の輝度となった。また、AlGaInN系からなる発光層とAl<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>P(0 ≤ x < 1)層とAl<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>P(0 < y ≤ 1, x < y)層を交互に積層した分布ブラッグ反射ミラー多層膜とを異なる基板上に成長し、前記基板の表面又は裏面を張り合わせることにによっても同様な効果が得られることは言うまでもない。

【0013】

【発明の効果】基板上に形成されたAlGaInN系からなる発光層の上下どちらかの少なくとも片側にAl<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>P(0 ≤ x < 1)層とAl<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>P(0 < y ≤ 1, x < y)層を交互に積層した分布ブラッグ反射ミラー多層膜を挿入したことにより、高輝度かつ単色性及び指向性のよい青色～緑色発光ダイオードを容易に作製することができる。

【0014】また、本発明により発光層の上下に制御性良く高反射率のDBR膜を容易に作製できるために、青色～緑色面発光レーザの作製も可能となり、その産業上の利用価値は大きい。

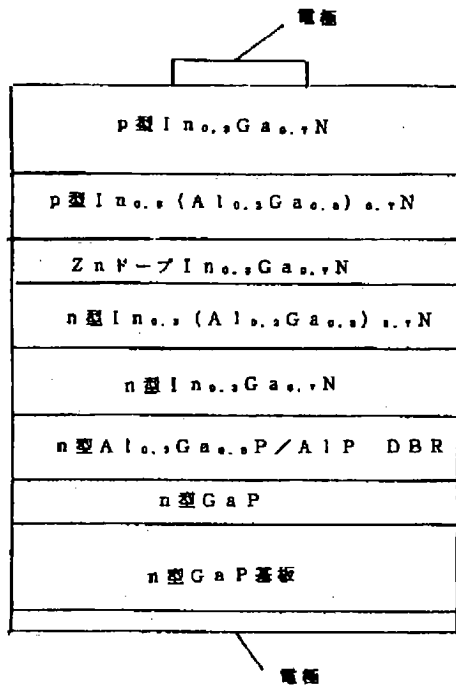
【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の実施例にて製造した素子の説明図である。

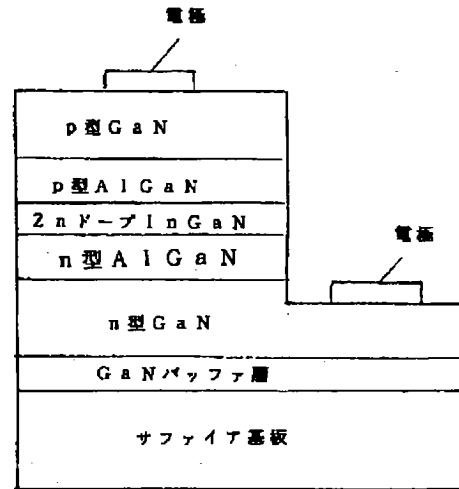
【図2】図2は、従来の素子の一例を示す説明図である。

【図3】図3は、実施例の素子を製造するために使用した装置の説明図である。

【図1】



【図2】



【図3】

